

既設コンクリート構造物のコア試験による力学的劣化指標に関する考察

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) ○ 青山 實伸
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 菊池 徹

1. はじめに

アルカリシリカ反応(以下 ASR)で劣化した部材は微視ひび割れが生じて、圧縮強度の低下や静弾性係数が低下することが知られている。コア試験から求められる圧縮強度や静弾性係数は、既設コンクリート構造物の劣化指標として用いられている。ここでは、新たに静弾性係数試験時に求められる圧縮破壊時ひずみが、劣化指標として有効であることを圧縮ひずみの推定式の検討と調査事例によって明らかにする。

2. コア試験の応力度—ひずみ曲線

静弾性係数試験時に得られた応力度—ひずみ曲線の例を図 1 に示す。応力度—ひずみ曲線は 2 次曲線に近似できると仮定し、圧縮強度(σ_m)、圧縮破壊時ひずみ(ϵ_m)とすると応力度(σ)とひずみ(ϵ)との関係は式 (1) で表すことができる。

$$\sigma = -\sigma_m / \epsilon_m^2 \cdot \epsilon^2 + 2\sigma_m / \epsilon_m \cdot \epsilon \quad (1)$$

静弾性係数(E)は圧縮強度の 1/3 の応力度($=\sigma_m / 3$)と原点を結ぶ割線で表わせるとみなすと、弾性係数(E)は式 (2) のようになる。

$$E = -\sigma_m^2 / \epsilon_m^2 \cdot 3E + 2\sigma_m / \epsilon_m \quad (2)$$

圧縮破壊時ひずみ(ϵ_m)は、式(2)より圧縮強度と静弾性係数との関係より式(3)を導くことができる。

$$\epsilon_m = 3.63\sigma_m / 2E \quad (3)$$

次項に示す調査事例で得られた圧縮強度と静弾性係数から、式 (3) によって求めた圧縮破壊時ひずみの推定値と測定値との関係を図 2 に示す。両者には良好な相関がみられ、圧縮破壊時ひずみは圧縮強度と静弾性係数の各劣化指標が複合した劣化指標であるといえる。

3. 調査事例

ASR 劣化発生地域にある北陸自動車 小矢部 IC～朝日 IC 間の建設後 35～45 年経過した 46 橋梁で、コア(径 55mm)を採取して圧縮強度や静弾性係数、圧縮破壊時ひずみを調査した事例を以下に示す。調査した橋梁は各 IC 間から鋼橋、RC 中空床版橋、PC 桁橋をそれぞれ 1～2 橋を選定した。調査部位は、鋼橋の RC 床版下面(以下 Steel-Deck) 13 橋、RC 中空床版橋の主版側面(以下 RC-Slab) 16 橋、PC 桁橋の端横桁側面(以下 PC-Beam) 17 橋である。設計基準強度は Steel-Deck および RC-Slab が 24 N/mm²、PC-Beam が 35 N/mm² である。

コアの圧縮強度の部材ごとの頻度分布を図 3 に示す。m は測定値の平均値、s は測定値の標準偏差を示す。頻度分布の平均値と標準偏差より部材ごとに設計基準強度を下回る確率を求めると、Steel-Deck 3%、RC-Slab 2%、PC-Beam 17%となる。この結果、PC 部材の圧縮強度は、設計基準強度を下回る確率(示方配合では 5%)が大きく、ASR に起因する強度低下が顕著であることがわかる。

コアの静弾性係数の部材ごとの頻度分布を図 4 に示す。図より PC-キーワード コア試験、圧縮強度、静弾性係数、圧縮破壊時ひずみ

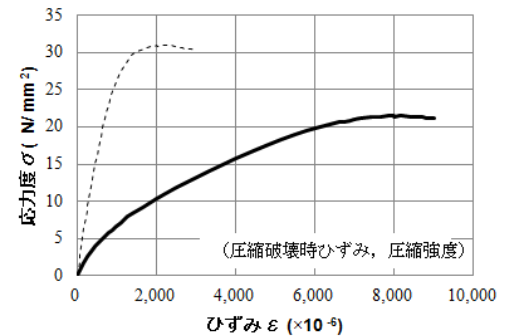


図 1 応力度—ひずみ曲線の例

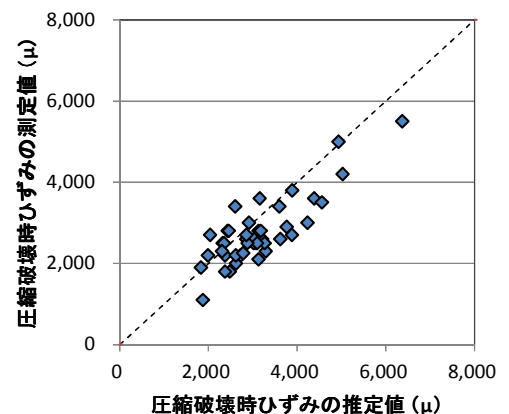


図 2 圧縮破壊時ひずみの測定値と推定値との関係

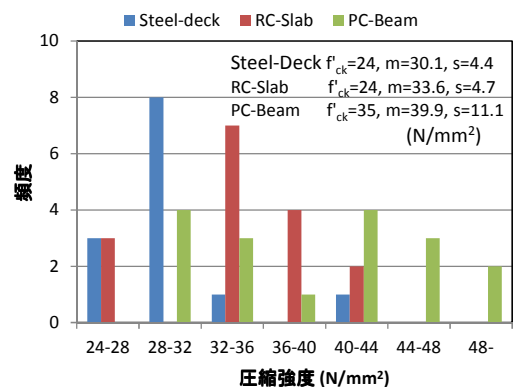


図 3 部材別の圧縮強度の頻度分布

Beam の静弾性係数の平均値が小さく、バラツキも大きくなっている。PC-Beam の弾性係数は、圧縮強度の場合と同様に大きく低下している。

コアの圧縮破壊時ひずみの部材ごとの頻度分布を図5に示す。圧縮破壊時ひずみは、3,000 μ を超えているデータがある。特に、PC-Beam の圧縮破壊時ひずみは、平均値は大きく、値の大きいデータがあり、劣化が進行していることを示している。

4. 静弾性係数・圧縮強度 と圧縮破壊時ひずみの関係

上項の調査結果から静弾性係数・圧縮強度と圧縮破壊時ひずみとの関係を分析する。

静弾性係数/圧縮強度比と圧縮強度との関係を図6に示す。この関係図は、ASR 劣化構造物の劣化程度を示すために用いられている¹⁾。図より静弾性係数/圧縮強度比は、道路橋示方書の値より低下している。PC-Beam は圧縮強度の小さいコアの静弾性係数/圧縮強度比の低下傾向が大きく示されている。

コアの静弾性係数および静弾性係数/圧縮強度比と圧縮破壊時ひずみとの関係を各部材ごとに区分して図7に示す。上図は静弾性係数/圧縮強度比と圧縮破壊時ひずみとの関係を示す。図中の近似式は PC-Beam のものである。両者の間には比較的良好な相関があり、静弾性係数/圧縮強度比が小さくなると圧縮破壊時ひずみは大きくなる。PC 部材の圧縮破壊時ひずみは RC 部材に比べ大きい傾向にある。ASR 劣化が進行すると微視ひび割れ²⁾が増加して静弾性係数が小さくなり、微視ひび割れの増加に伴って圧縮破壊時ひずみが増大することが考えられる。下図は静弾性係数と圧縮破壊時ひずみとの関係を示す。上図の方が下図に比べて部材の違いによる静弾性係数/圧縮強度比のバラツキが小さく、圧縮破壊時ひずみとの相関がよい。圧縮破壊時ひずみは静弾性係数/圧縮強度比の変化に比べて変化が大きい。概ね 3,000 μ を超えると静弾性係数/圧縮強度比の値が少し減少するだけで圧縮破壊時ひずみの伸びが大きくなり、図6に比べて劣化度合いが明確に示される。圧縮破壊時ひずみは、コアの劣化進行を評価するのに鋭敏な指標といえる。

5. まとめ

静弾性係数試験時に得られる圧縮破壊時ひずみは、圧縮強度と静弾性係数から推定でき、両者が複合するより敏感な劣化指標といえる。圧縮破壊時ひずみを力学的劣化指標として活用すること提案する。

【参考文献】

- 1) 鳥居 和之, 野村 昌弘, 本田 貴子: 北陸地方の反応性骨材の岩石学的特徴と骨材のアルカシリカ反応性試験の適合性, 土木学会論文集, No.767/V-64, pp.185-197, 2004.8
- 2) 川村 満紀: 現場技術者のための ASR 対策ノート, 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) pp.36-37.2010.9.

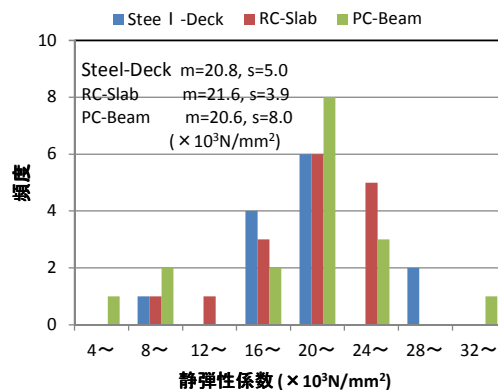


図4 部材別の静弾性係数の頻度分布

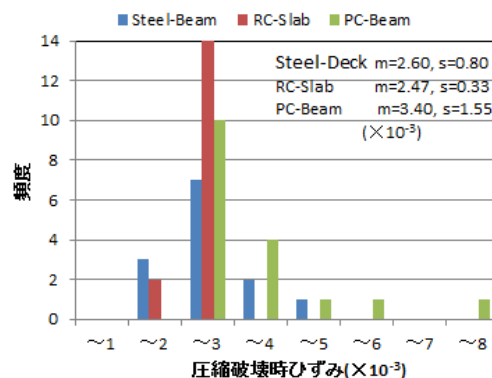


図5 部材別の圧縮破壊時ひずみの頻度分布

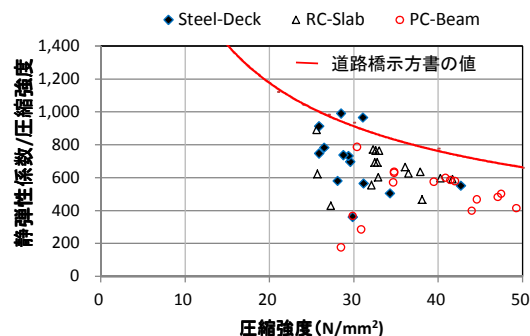


図6 静弾性係数/圧縮強度と圧縮強度との関係

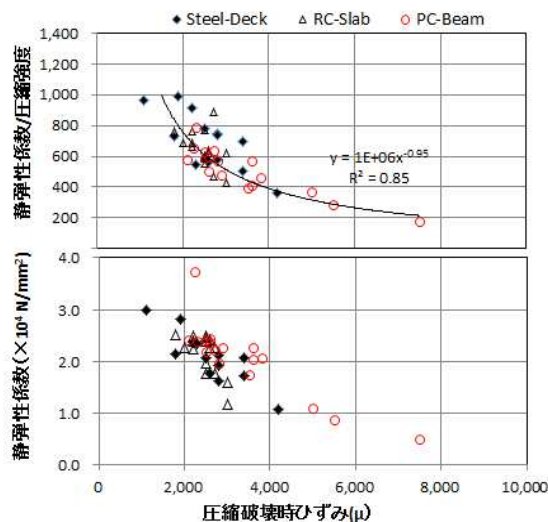


図7 静弾性係数および静弾性係数/圧縮強度比と圧縮破壊時の最大ひずみとの関係